

Київський столичний університет імені Бориса Грінченка
Факультет інформаційних технологій та математики
Кафедра комп'ютерних наук



«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Проректор з науково-педагогічної та
навчальної роботи

Олексій ЖИЛЬЦОВ

_____ 2024

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Паралельні і розподілені обчислення

для студентів

спеціальності: 122 Комп'ютерні науки
освітнього рівня: першого (бакалаврського)
освітньої програми: 122.00.01 Інформатика

Київ – 2024

КИЇВСЬКИЙ СТОЛИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ БОРИСА ГРІНЧЕНКА Код ЄДРПОУ 45307965	
Програма № <u>22.09/24</u>	
Начальник відділу моніторингу якості освіти	
<u>Жильцов</u> (підпис)	<u>Жильцов</u> (прізвище, ім'я, по-батькові)
« _____ »	20 <u>24</u>


Розробник:

Литвин Оксана Степанівна, кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник

Викладач:

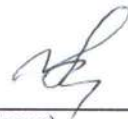
Кучаковська Галина Андріївна, старший викладач кафедри комп'ютерних наук

Робочу програму розглянуто і затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних наук. Протокол від 07.02.2024 № 1

Завідувач кафедри  Ірина МАШКІНА

Робочу програму погоджено з гарантом освітньої програми (керівником освітньої програми) 122.00.01 *Інформатика*

___ . ___ . 20 ___ р.

Керівник освітньої програми  Ірина МАШКІНА
(підпис)

Робочу програму перевірено

___ . ___ . 20 ___ р.

Заступник директора/декана  Євген ІВАНІЧЕНКО
(підпис)

Пролонговано:

на 20 ___ /20 ___ н.р. _____ (підпис) _____ (ПІБ), « ___ » ___ 20 ___ р., протокол № ___

на 20 ___ /20 ___ н.р. _____ (підпис) _____ (ПІБ), « ___ » ___ 20 ___ р., протокол № ___

на 20 ___ /20 ___ н.р. _____ (підпис) _____ (ПІБ), « ___ » ___ 20 ___ р., протокол № ___

на 20 ___ /20 ___ н.р. _____ (підпис) _____ (ПІБ), « ___ » ___ 20 ___ р., протокол № ___

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Характеристика дисципліни за формами навчання
	денна
Вид дисципліни	обов'язкова
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Загальний обсяг кредитів / годин	4/120
Курс	3
Семестр	6
Кількість змістових модулів з розподілом:	3
Обсяг кредитів	4
Обсяг годин, в тому числі:	120
Аудиторні	56
Модульний контроль	8
Семестровий контроль	---
Самостійна робота	56
Форма семестрового контролю	залік

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Робоча навчальна програма з курсу «Паралельні і розподілені обчислення» є нормативним документом Київського столичного університету імені Бориса Грінченка, який розроблено кафедрою комп'ютерних наук на основі освітньо-професійної програми підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня відповідно до навчального плану освітньої програми 122.00.01 Інформатика спеціальності 122 Комп'ютерні науки.

Програма визначає обсяги знань, якими повинен опанувати здобувач першого (бакалаврського) рівня в процесі вивчення навчального матеріалу дисципліни та необхідне методичне забезпечення, складові та технологію оцінювання навчальних досягнень студентів.

Навчальна дисципліна «Паралельні і розподілені обчислення» складається з трьох змістових модулів: Паралельні та розподілені обчислювальні системи; Паралельна обробка даних. Технології паралельного програмування; Паралельні методи розв'язування прикладних задач.

Мета викладання дисципліни: засвоєння основних методів та алгоритмів організації паралельних та розподілених обчислень, базових принципів побудови мультипроцесорних та мультикомп'ютерних систем, набуття початкових практичних навиків проектування апаратно-програмних засобів для розв'язання прикладних задач.

Завдання полягає у набутті студентами наступних та **компетентностей:**

загальних - здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1), застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК-2); знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК-3); здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями (ЗК-6), до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; до критичної оцінки отриманої інформації, використання логіки і раціональних міркувань (ЗК-7); здатність генерувати нові ідеї (ЗК-8); здатність працювати в команді, брати на себе відповідальність за виконання спільних робіт; уміння вести дискусію, аргументовано відстоюючи свою точку зору (ЗК-9), оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт, представляти результати роботи (ЗК-12);

фахових - здатність до математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач в галузі комп'ютерних наук, аналізу та інтерпретування отриманих результатів (СК-1), до виявлення статистичних закономірностей недетермінованих явищ, застосування методів обчислювального інтелекту, зокрема статистичної, нейромережевої та нечіткої обробки даних, методів машинного навчання та генетичного програмування тощо (СК-2), до логічного мислення, побудови логічних висновків, використання формальних мов і моделей

алгоритмічних обчислень, проектування, розроблення та аналізу алгоритмів, оцінювання їх ефективності та складності, розв'язності та нерозв'язності алгоритмічних проблем для адекватного моделювання предметних областей і створення програмних та інформаційних систем (СК-3), проектувати та розробляти програмне забезпечення із застосуванням різних парадигм програмування з відповідними моделями, методами та алгоритмами обчислень, структурами даних і механізмами керування (СК-8), реалізувати багаторівневу обчислювальну модель на основі архітектури клієнт-сервер, включаючи бази даних, знань і сховища даних, виконувати розподілену обробку великих наборів даних на кластерах стандартних серверів для забезпечення обчислювальних потреб користувачів, у тому числі на хмарних сервісах (СК-9), до розробки мережевого програмного забезпечення, що функціонує на основі різних топологій структурованих кабельних систем, використовує комп'ютерні системи і мережі передачі даних та аналізує якість роботи комп'ютерних мереж (СК-13), реалізовувати високопродуктивні обчислення на основі хмарних сервісів і технологій, паралельних і розподілених обчислень при розробці та експлуатації розподілених систем паралельної обробки інформації (СК-16).

3. Результати навчання за дисципліною

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- архітектуру та програмне забезпечення високопродуктивних паралельних та розподілених обчислювальних систем;
- основні методи, алгоритми і засоби паралельної та розподіленої обробки інформації;
- основні методи і технології паралельного програмування;
- причини недостовірності обчислювального рішення.

вміти:

- розробляти та реалізовувати розпаралелення задач і алгоритмів,; оцінювати необхідну конфігурацію обчислювальної системи для їх виконання
- застосовувати чисельні методи та алгоритми для паралельних структур,
- визначати ефективність паралельних обчислень в різних умовах;
- застосовувати основні технології паралельного програмування для вирішення прикладних задач.

І досягти таких **програмних результатів:**

- використовувати сучасний математичний апарат в професійній діяльності для розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру в процесі проектування та реалізації об'єктів інформатизації (ПР-2);
- розробляти програмні моделі предметних середовищ, вибирати парадигму програмування з позицій зручності та якості застосування для реалізації методів та алгоритмів розв'язання задач в галузі комп'ютерних наук (ПР-9);
- володіти мовами системного програмування та методами розробки програм, що взаємодіють з компонентами комп'ютерних систем, знати мережні технології, архітектури комп'ютерних мереж, мати практичні навички технології адміністрування комп'ютерних мереж та їх програмного забезпечення (ПР-13);
- виконувати паралельні та розподілені обчислення, застосовувати чисельні методи та алгоритми для паралельних структур, мови паралельного програмування при розробці та експлуатації паралельного та розподіленого програмного забезпечення (ПР-16).

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Усього	Розподіл годин між видами робіт		
		Аудиторна		Самостійна
		Лекції	Лабораторні	
Змістовий модуль 1. Паралельні та розподілені обчислювальні системи				
Тема 1. Основні поняття про паралельні обчислення	8	2	-	6
Тема 2. Архітектура паралельних обчислювальних систем.	12	2	4	6
Тема 3. Продуктивність обчислювальної системи. Трудомісткість паралельних обчислень	16	4	6	6
Модульний контроль	2			
Разом за змістовим модулем 1	38	8	10	18
Змістовий модуль 2. Паралельна обробка даних. Технології паралельного програмування				
Тема 4. Паралельна обробка даних. Синхронізація і комунікації процесів.	12	2	4	6
Тема 5. Моделі паралельних обчислень. Розробка паралельного алгоритму.	12	2	4	6
Тема 6. Мови і системи паралельного програмування.	16	2	6	8
Модульний контроль	3			
Разом за змістовим модулем 2	43	6	14	20
Змістовий модуль 3. Паралельні методи розв'язування прикладних задач				
Тема 7. Паралельні чисельні алгоритми для розв'язання типових задач обчислювальної математики.	19	4	6	9
Тема 8. Паралельні методи і алгоритми лінійної алгебри.	17	2	6	9
Модульний контроль	3			
Разом за змістовим модулем 3	39	6	12	18
Усього годин	120	20	36	56

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Паралельні та розподілені обчислювальні системи

Тема 1. Основні поняття про паралельні обчислення.

Вступ. Місце дисципліни в навчальній програмі. Сучасні задачі обчислювальних систем. Проблеми та перспективи. Поняття паралельних обчислень. Области застосування і задачі паралельних обчислень. Стримуючі фактори.

Тема 2. Архітектура паралельних обчислювальних систем.

Особливості організації паралельних обчислювальних систем. Класифікація паралельних обчислювальних систем. Взаємозв'язок класифікацій. Векторно-конвеєрні та векторно-паралельні системи. Багатопроекторні системи: PVP, SPM, MPP, NUMA. Технологія CUDA. Кластери. Концепція GRID і метакомп'ютинг. Комунікаційне середовище паралельних обчислювальних систем: компоненти, топологія. Основні характеристики комунікаційних мереж. Паралельні системи нетрадиційної архітектури

Тема 3. Продуктивність обчислювальної системи. Трудомісткість паралельних обчислень

Фактори продуктивності обчислювальних систем. Методи підвищення продуктивності. Продуктивність паралельних обчислень: характеристики, оцінка. Показники ефективності паралельних обчислень. Закони Амдала і Густафсона-Барсиса. Методи передачі даних між обчислювальними вузлами. Аналіз трудомісткості основних операцій передачі даних для кластерних систем.

Змістовий модуль 2. Паралельна обробка даних. Технології паралельного програмування

Тема 4. Паралельна обробка даних. Синхронізація і комунікації процесів.

Поняття процесу, потоку, ресурсу. Види ресурсів. Багатопроцесорні операційні системи. Синхронізація процесів: критична область, семафори, блокування. Комунікації процесів. Управління розподіленої пам'яттю.

Тема 5. Моделі паралельних обчислень. Розробка паралельного алгоритму.

Види і рівні паралелізму в комп'ютерних системах. Паралелізм даних. Паралелізм задач. Організація паралельних програм як системи потоків. Поняття паралельного процесу та гранули розпаралелювання. Модель обчислень у вигляді графа. Мережі Петрі. Моделювання програм з використанням мереж Петрі. Етапи розробки паралельного алгоритму. Похибки реалізації обчислювальних алгоритмів на комп'ютерах.

Тема 6. Мови і системи паралельного програмування.

Огляд засобів паралельного програмування. Труднощі використання. Класифікація мов і систем паралельного програмування. Програмування для систем із спільною пам'яттю. Технологія OpenMP. Засоби програмування з передачею повідомлень. Технологія MPI. Паралельне програмування на платформі .Net Framework та мовою Python.

Змістовий модуль 3. Паралельні методи розв'язування прикладних задач.

Тема 7. Паралельні чисельні алгоритми для розв'язання деяких типових задач обчислювальної математики.

Обчислення частинних сум послідовності чисел. Обчислення інтегралів. Знаходження значення числа π . Паралельна реалізація різних методів сортування елементів масиву даних. Множення матриці на вектор. Матричне множення.

Тема 8. Паралельні методи і алгоритми лінійної алгебри.

Прямі та ітераційні методи розв'язку систем алгебраїчних рівнянь. Метод Гауса. Паралельна реалізація алгоритму Гауса. Аналіз ефективності паралелізації методу Гауса. Метод Якобі: паралельна реалізація, аналіз ефективності.

6. Контроль навчальних досягнень

6.1. Система оцінювання навчальних досягнень студентів

Вид діяльності студента	Макс. кількість балів за одиницю	Модуль 1		Модуль 2		Модуль 3	
		кількість одиниць	максимальна кількість	кількість одиниць	максимальна кількість	кількість одиниць	максимальна кількість
Відвідування лекцій	1	4	4	3	3	3	3
Відвідування лабораторних занять	1	5	5	7	7	6	6
Робота на лабораторному занятті	10	3	30	5	50	5	50
Виконання тестового контролю на занятті	10	3	30	4	40	4	40
Виконання модульної контрольної роботи	25	1	25	1	25	1	25
Виконання завдання для самостійної роботи	5	1	5	1	5	1	5
Разом			99		130		129
Максимальна кількість балів:	100		28		36		36
Розрахунок коефіцієнта			0,28		0,28		0,28

6.2. Завдання для самостійної роботи та критерії її оцінювання

Самостійна робота виконується протягом опрацювання відповідного змістового модуля на лекційних та практичних заняттях і здається на перевірку викладачу у вигляді **авторського** (2-3 сторінки друкованого тексту) реферативного дослідження на вказану в таблиці тему.

Кількість балів за самостійну роботу залежить від дотримання таких вимог: своєчасність і самостійність виконання завдань; якість виконання завдань (повнота викладення теми, наявність прикладів і джерел, на які спирався студент при опрацюванні теми тощо); творчий підхід у виконанні завдань.

№ з/п	Назва теми для самостійного опрацювання	К-ть годин	Бали
Змістовий модуль 1. Паралельні та розподілені обчислювальні системи		18	5
1	Тема 1. Області застосування і задачі паралельних обчислень.	6	1
2	Тема 2. Технологія CUDA. Концепція GRID і метакомп'ютинг. Паралельні системи нетрадиційної архітектури: нейромережі, асоціативні та потокові системи.	6	2
3	Тема 3. Алгоритм Дейкстри пошуку оптимальних маршрутів на графі. Алгоритм узагальненого множинного розсилання даних «Циклічний зсув»	6	2
Змістовий модуль 2. Паралельна обробка даних. Технології паралельного програмування		20	5
4	Тема 4. Засоби операційних систем для керування паралельними та розподіленими обчисленнями. Розподілені операційні системи.	6	1
5	Тема 5. Моделювання програм з використанням мереж Петрі.	6	2
6	Тема 6. Завдання оптимального відображення паралельних процесів на архітектуру багатопроцесорної обчислювальної системи. Код Грея	8	2
Змістовий модуль 3. Паралельні методи розв'язування прикладних задач		18	5
7	Тема 7. Засоби для організації розподілених обчислень мовою Python.	9	2
8	Тема 8. Джерела похибок та чутливість комп'ютерного розв'язку системи лінійних алгебраїчних рівнянь	9	3
Разом		56	15

6.3. Форми проведення модульного контролю та критерії оцінювання.

Модульний контроль проводиться у формі комп'ютерного тесту. Тести містять 25 питань різного типу, вага кожного питання – 1 бал.

6.4. Форми проведення семестрового контролю та критерії оцінювання.

Семестровий контроль проводиться у формі заліку. Підсумкова оцінка рівня досягнення результатів навчання є сумою всіх оцінок за змістові модулі.

6.5. Шкала відповідності оцінок

Рейтингова оцінка	Оцінка за стобальною шкалою	Значення оцінки
A	90 – 100 балів	Відмінно – відмінний рівень знань (умінь) в межах обов'язкового матеріалу з можливими незначними недоліками
B	82-89 балів	Дуже добре – достатньо високий рівень знань (умінь) в межах обов'язкового матеріалу без суттєвих (грубих) помилок
C	75-81 балів	Добре – в цілому добрий рівень знань (умінь) з незначною кількістю помилок
D	69-74 балів	Задовільно – посередній рівень знань (умінь) із значною кількістю недоліків, достатній для подальшого навчання або професійної діяльності
E	60-68 балів	Достатньо – мінімально можливий допустимий рівень знань (умінь)
FX	35-59 балів	Незадовільно з можливістю повторного складання – незадовільний рівень знань, з можливістю повторного перескладання за умови належного самостійного доопрацювання
F	1-34 балів	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням курсу – досить низький рівень знань (умінь), що вимагає повторного вивчення дисципліни

7. Навчально-методична карта дисципліни

Разом: 120 год., лекції – 16 год., лабораторні заняття – 40 год., модульний контроль – 8 год., самостійна робота – 56 год.

Модулі (назви, бали)	Змістовий модуль 1. Паралельні та розподілені обчислювальні системи (99 балів)			Змістовий модуль 2. Паралельна обробка даних. Технології паралельного програмування (130 балів)			Змістовий модуль 3. Паралельні методи розв'язування прикладних задач (129 балів)						
	1	2	3	4	5	6	7	8					
Лекції (теми, бали)	Лекція 1. Основні поняття про паралельні обчислення (1 бал)	Лекція 2. Архітектура паралельних обчислювальних систем (1 бал).	Лекція 3-4. Продуктивність обчислювальної системи. Трудомісткість паралельних обчислень (2 бали).	Лекція 5. Паралельна обробка даних. Синхронізація і комунікації процесів (1 бал)	Лекція 6. Моделі паралельних обчислень. Розробка паралельного алгоритму (1 бал)	Лекція 7. Мови і системи паралельного програмування (1 бал).	Лекція 8-9. Паралельні числові алгоритми для розв'язання типових задач обчислювальної математики (2 бал)	Лекція 10. Паралельні методи і алгоритми лінійної алгебри (1 бал)					
Практичні заняття (теми, бали)		1-2. Методи декомпозицій задач. (22 бали)	3. Прискорення та ефективність паралельного алгоритму із послідовною частиною (21 бал)	4-5. Кластер на базі мікрокомп'ютерів Raspberry Pi (22 бали)	6-7. Синхронізація процесів та потоків в паралельних обчислювальних системах (22 бали)	8-9. Розробка паралельного алгоритму (22 бали)	10. Створення простих багатопоточних програм в середовищі .Net Framework (11 балів)	11. Створення багатопоточних програм із синхронізацією потоків (21 бал)	12. Організація паралельних обчислень на кластері засобом MPI (21 бал)	13-14. Програма реалізація паралельних алгоритмів множення матриць (22 бали)	15. Програма реалізація паралельного алгоритму розрахунку означеного інтеграла (21 бал)	16-17. Програма реалізація паралельного алгоритму розв'язання СЛАР методом Гауса (22 бали)	18. Програма реалізація паралельного алгоритму розв'язання СЛАР методом Якобі (11 балів)
Самостійна робота	Самостійна робота (5 балів)			Самостійна робота (5 балів)			Самостійна робота (5 балів)						
Поточний контроль (вид, бали)	Модульна контрольна робота 1 (25 балів)			Модульна контрольна робота 2 (25 балів)			Модульна контрольна робота 3 (25 балів)						
Підсумковий контроль (вид, бали)	Залік (100 балів)												

8. Рекомендована література

Базова

1. Дорошенко А.Ю. Паралельні обчислювальні системи. Методичний посібник і конспект лекцій. Київ: Видавничий дім «КМ Академія», 2013. 46 с.
2. Організація паралельних обчислень: Навчальний посібник / Укладачі: Є. Ваврук, О. Лашко. Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2007. 70 с.
3. Кузьменко Б.В., Чайковська О.А. Технологія розподілених систем та паралельних обчислень. Конспект лекцій, частина 1. Розподілені об'єктні системи, паралельні обчислювальні системи та паралельні обчислення, паралельне програмування на основі MPI: Навчальний посібник. К.: Видавничий центр КНУКІМ, 2011. 126 с.

Допоміжна

4. Бройнль Т. Паралельне програмування: Початковий курс: Навчальний посібник для вузів. К.: Вища школа, 1997. 358 с.
5. Ashwin Rajankar. Raspberry Pi Supercomputing and Scientific Programming. Nashik, Maharashtra, India, 2017. 171 p.
6. Gropp, William. Using MPI : portable parallel programming with the Message-Passing Interface / William Gropp, Ewing Lusk, and Anthony Skjellum. Third edition. Massachusetts Institute of Technology, 2014. 330 с.
7. Schildt H. C# 4.0: The Complete Reference. Tata McGraw-Hill, 2010, 949 p.
8. Дорошенко А.Ю. Алгеброалгоритмічні основи програмування. Об'єктна орієнтація і паралелізм/ А.Ю. Дорошенко, Г.С. Фінін, Г.О. Цейтлін. Київ: «Наукова думка», 2004. 458 с.
9. Andrew K. Dennis. Raspberry Pi Super Cluster. Build your own parallel-computing cluster using Raspberry Pi in the comfort of your home. Packt Publishing Ltd., Birmingham, Mumbai, 2013. 126 p.

Інформаційні ресурси

10. Сайт Української команди розподілених обчислень. URL: <http://distributed.org.ua/>.
11. Паралельна обробка і паралелізм в .NET Framework. URL: [http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/hh156548\(v=vs.110\).aspx](http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/hh156548(v=vs.110).aspx)
12. Blaise Barney. Introduction to Parallel Computing. URL: https://computing.llnl.gov/tutorials/parallel_comp/
13. Joseph Albahari. Threading in C#. URL: <https://www.albahari.com/threading/>.
14. Проект Globus для наукових досліджень. URL: <http://www.globus.org>.
15. Форум з використання ГРІД-технологій. URL доступу: <http://www.gridforum.org>.
16. Характеристики 500 найпотужніших комп'ютерів в світі. URL: <http://www.top500.org>
17. Стандарти MPI. URL: <http://www.mpiforum.org>
18. Netlib is a collection of mathematical software, papers, and databases. URL: <http://netlib.org>